VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Авиационные пушки

"Наиболее важным в воздушном бою была стрельба, затем различная тактика вступления в бой и последним из всего - собственно умение летать."

Подполковник В. А. "Билли" Бишоп, Королевские ВВС (Великобритания) времён Первой Мировой, 72 победы.

Пушка - наиболее широко используемое и важное оружие класса "воздух-воздух" из всех, когда-либо изобретённых. История адаптации этого вида оружия очень интересна и может быть объектом отдельного исследования, но в данном случае мы рассмотрим только необходимые сведения.

Пушки классифицируются как неподвижные и подвижные. Неподвижные установлены жёстко, обычно направлены вперёд и нацеливаются перемещением самолёта. Подвижные пушки, могут быть нацелены оператором вверх или вниз и из стороны в сторону, чтобы охватить некоторую зону в любом направлении относительно самолёта. Такие пушки могут управляться вручную или устанавливаться в снабжённые механическим приводом башни (турели).

Поворотные пушки, как правило, требуют дополнительного члена экипажа - оператора, и, следовательно, увеличения веса и размеров самолёта. Установленные жёстко и направленные вперёд пушки имеют много преимуществ для небольшого, маневренного истребителя. Они легче устанавливаются, имеют меньшее сопротивление и меньшую отдачу. Маневрирование относительно другого самолёта тоже намного проще, когда противник должен удерживаться перед нападающим, чтобы попасть в зону огня. Поэтому этот тип пушек стал применяться для небольших и маневренных истребителей, а поворотные (турельные) установки для больших и менее маневренных самолётов.

В период Первой Мировой войны путём проб и ошибок вооружение истребителя от турельных установок пришло к фиксированным типам. Стандартный истребитель конца войны имел два жёстко установленных впереди пулемёта 30 калибра, часто с синхронизатором стрельбы через пропеллер.

Огромный прогресс в развитии авиации к началу Второй Мировой войны повлёк за собой и прогресс в развитии авиационного артиллерийского вооружения. Появление больших, хорошо защищённых и вооружённых бомбардировщиков потребовало большей огневой мощи от истребителей. Достичь её можно было увеличением количества пулемётов (или пушек), увеличением их калибра (размера и веса снарядов) и начальной скорости полёта снарядов, применением специальных разрывных снарядов.

Некоторые из этих факторов тесно взаимосвязаны таким образом, что не могут быть увеличены сами по себе. Например, увеличение веса снаряда непременно ведёт к увеличению веса всей конструкции пулемёта или пушки. Увеличенный вес подвижных частей ведёт к большей инерционности и, в конечном итоге, уменьшению дальности и т.д.

Другой фактор в этом уравнении - поражающий. Большая дистанция стрельбы небольшими снарядами увеличивает вероятность попадания, но снаряд большего веса при условии попадания производит большие разрушения. Этим фактором объясняются некоторые изменения вооружения во времена Второй Мировой. Например, бомбардировщик - относительно большой самолёт с низкой маневренностью - довольно просто поразить, но трудно разрушить из-за бронирования жизненно важных частей. Такая цель лучше всего может быть разрушена меньшим количеством снарядов, обладающих большей разрушительной силой. Противоположность этому - небольшой, но маневренный истребитель, поразить который нелегко. Поиск более разрушительных средств привёл к созданию авиационных пушек.

Интересно проследить некоторые общие тенденции в разработке вооружения для истребителей. Американские конструкторы, чьи самолёты сражались, прежде всего, с немецкими и японскими истребителями, делали ставку на пулемёты с большой дальностью стрельбы. Стандартное вооружение основных американских истребителей (P-51, P-47, F4U, F6F) к концу войны составляли 6-8 пулемётов Браунинг 50 калибра.

Они обычно устанавливались в крыльях, где было достаточно места, и не требовалась синхронизация, а также увеличивалась площадь поражения. Немецкие конструкторы использовали комбинированную схему размещения пулемётов: под капотом в носовой части и в крыльях. К тому же они имели тенденцию к наращиванию огневой мощи применением пушек, т.к. их главным противником были тяжёлые бомбардировщики.

На заключительном этапе войны их ракетный Me-163 и реактивный Me-262, используемые, прежде всего, как перехватчики, были вооружены четырьмя 30-мм пушками и/или 50-мм НУРС.

Кроме того, обе воюющие стороны применяли даже большие пушки для действия по наземным целям, которые устанавливались под крыльями. Однако подкрыльевые пушки имели существенный недостаток - большой радиус рассеяния в отличие от пушек, установленных под капотом и стрелявших прямо, фактически туда, куда смотрел лётчик через прицел.

Для устранения этого недостатка использовали метод установки пушек под углом к продольной оси самолёта, чтобы траектории полёта снарядов сходились на расстоянии примерно 700-800 футов (210-240м), т.е. на оптимальной дальности эффективного огня.

Этот метод позволял достичь смертельной плотности огня на дистанции ближе этой величины, но приводил к широкому рассеянию на большем расстоянии. Лётчики, владевшие навыками меткой стрельбы, предпочитали именно этот метод, накладывая точку максимальной концентрации огня на цель. Для большинства пилотов применялся другой метод установки вооружения, когда каждый пулемёт устанавливался индивидуально - немного выше, ниже, левее, правее. Это давало возможность получить некоторую площадь довольно однородной плотности огня.

Хотя максимальной плотности не достигалось, средний лётчик-истребитель имел лучшую возможность для попадания в цель. Преимущества этого метода очевидны, поскольку максимальная плотность огня обычно не была необходима, а площадь поражения больше.

Однако установка вооружения, когда линия огня не проходила через центр тяжести самолёта, порождала другие проблемы. Например, при отказе оружия с одной стороны. Стрельба в этом случае вызывала значительное рыскание и снижала прицельность огня. Самолёт, сконструированный с асимметричной установкой оружия, часто требовал некоторой автоматической аэродинамической компенсации, вроде отклонения руля направления.

Действие отдачи тяжёлых скорострельных пушек было значительным и могло привести к существенной потере скорости. На малых скоростях, особенно при асимметричной стрельбе, эта отдача может привести к потере скорости с последующей потерей управления. С появлением реактивных истребителей возникла проблема попадания пороховых газов в компрессор турбины, что могло вызвать остановку двигателя и пожар.

Крупным достижением в конструировании авиационных пушек явилось создание на основе немецкой разработки пушки револьверного типа, известной в США, как M39. В конце 50-х годов эта конструкция была усовершенствована и выпускалась под маркой M61. В ней вращались стволы, что позволило достичь огромной скорострельности. Привод использовался электрический, гидравлический или пневматический.

На протяжении 50-х - 60-х гг. определённо имелась тенденция к отказу от артиллерийского вооружения для истребителей. Считалось, что высокие скорости реактивных истребителей и тяжёлое вооружение новых бомбардировщиков сделали артиллерийское вооружение устаревшим и неэффективным, особенно ночью и в плохих метеоусловиях.

В этот период на многих типах истребителей пушки вообще отсутствовали. Комплект вооружения полностью состоял из НУР, а затем и УР. В 70-е годы эта концепция была пересмотрена. Опыт боевых действий показал, что пушки не утратили своего значения.

В таблице 1-1 приведена статистика развития основных авиационных артиллерийских систем, использовавшихся как на американских самолётах, так и на самолётах других стран:

Тип	Год разработки	Вес пули (снаряда), г.	Скорострельность, выстр./мин.	Вес минутного залпа, г/мин. W_F	Начальная скорость, м/с V_M	Поражающий фактор, F_L. $W_F x V_M x 10^{-8}$
Пулеметы:						
.30 cal M2	1929	9	1200	10800	792	0.086
.50 cal M2	1933	45	800	36000	856	0.308
.50 cal M3	1947	45	1200	54000	866	0.468
Пушки:						
20-mm M2	1941	136	650	88400	869	0.768
20-mm M3	1944	136	800	108800	838	0.912
20-mm M39	1953	100	1500	150000	1015	1.523
20-mm M61	1957	100	6000	600000	1005	6.030
37-mm M4	1941	608	135	82080	610	0.501

Хорошим показателем технологического развития этого типа оружия является вес боеприпасов, которые могут быть выстреляны за одну минуту. В таблице это параметр W_F (Weight of Fire). Огромный прогресс по этой характеристике виден при сравнении пулемёта Браунинг М2 30 калибра конца Первой Мировой и 6-ти ствольной 20-мм пушки М61 типа Гатлинг 50-х гг.

Усовершенствования в этой области были ведущими факторами для увеличения убойной силы (поражающего фактора) бортовых артиллерийских систем. Убойность измеряется произведением разрушительной мощности снаряда на количество попаданий. Для неразрывных боеприпасов разрушительная мощность пропорциональна кинетической энергии: произведению половины массы снаряда на квадрат его скорости. Более корректно рассматривать скорость снаряда в момент столкновения с целью, но для сравнения в таблице использована начальная скорость полёта снаряда.

Фактор F_L в таблице пропорционален кинетической энергии каждого снаряда и скорострельности и характеризует поражающий фактор для данного типа оружия при стрельбе неразрывными снарядами. Следует учесть, что в пушках применяются разрывные снаряды. Т.о. величина F_L - довольно точная относительная оценка пулемётов, но для пушек она явно занижена. Но даже с ограничениями F_L видно, как возросла убойная сила артиллерийского вооружения. Если спаренный Браунинг 30 калибра имел FL=0,172, то шесть крыльевых пулемётов истребителя P-51 уже имели FL=1,848. Кроме того, на P-51 был улучшенный прицел, что значительно повышало вероятность попаданий. А F_L современных истребителей типа F-14, F-15, F-16 и F-18, вооружённых одной шестиствольной пушкой M61 достигает 6,03 (без учёта разрывных снарядов и современных прицелов). Такие преимущества, объединённые с надёжностью, рентабельностью, простотой и гибкостью в сравнении с другими системами вооружений делают пушку важной частью в арсенале современного истребителя.

Однако высокий поражающий фактор сам по себе имеет небольшое значение, если его нельзя применить эффективно. Факт, что даже относительно удачные системы времён WW-I демонстрировали, что убойная сила, конечно, не единственный и, вероятно, не самый важный показатель эффективности оружия. Скорее точность попадания более важна. А с этой характеристикой тесно связана скорострельность. Действие поражающего фактора и уязвимость цели определяются количеством попаданий, требуемых для уничтожения цели. Дополнительно, положение самолёта и действия пилота при стрельбе должны быть адекватны возможностям оружия. А выбор позиции, в свою очередь, значительно зависит от эффективности прицела.

Принципы стрельбы

Стрельба из артиллерийского оружия одна из самых трудных, поскольку необходимо попасть в движущуюся цель из движущейся платформы снарядами, движущимися по кривой с изменяющейся скоростью. Для лучшего понимания процесса, необходимо рассмотреть каждую составляющую в отдельности.

В процессе полёта на снаряд действует сила тяжести, которая изгибает его траекторию вниз. Чем дольше время полёта (Time Of Flight - TOF), тем больше изгиб траектории. В первую секунду снижение составляет примерно 16 футов (около 5 м). В течение полёта снаряд испытывает также аэродинамическое сопротивление, которое зависит от формы, размера, веса и скорости снаряда, а также от плотности воздуха. Большая начальная скорость снаряда уменьшает TOF и кривизну траектории для данной дистанции. С увеличением дальности, TOF и кривизна траектории увеличиваются и наоборот. На коротких дистанциях действием силы тяжести можно пренебречь, но её воздействие становится очень важным с увеличением TOF.

Эти ограничения TOF порождают ещё одну проблему, если цель перемещается таким образом, что её положение от момента выстрела до момента контакта изменяется; задача состоит в том, чтобы снаряд и цель прибыли в одну точку пространства одновременно. Для этого необходимо стрелять с упреждением. Упреждение можно грубо взять пропорциональным пересекающейся скорости цели. Так, если цель движется от/на стрелка, упреждение не нужно. Максимальная величина упреждения возникает при курсе цели 90° к линии визирования (Line Of Sight - LOS).

На рисунке 1-1 упреждение обозначено как "угол упреждения". Угол упреждения зависит от скорости цели и средней скорости снаряда. Дистанция также является фактором, влияющим на угол упреждения, поскольку скорость снаряда уменьшается с увеличением TOF.



На угол упреждения влияет также взаимное положение атакующего и цели в момент выстрела. От этого зависят пересекающая скорость цели и TOF. Этот фактор называется аспектом цели (Target-Aspect Angle - TAA) и представляет из себя угол между вектором скорости цели и линией визирования LOS. TAA=0° на встречном курсе (цель движется на стрелка), 180град. на попутном (стрелок непосредственно позади цели) и 90град. на пересекающемся курсе (траверзе) цели. Как изменяется TAA, так изменяется пересекающая скорость, что, соответственно, требует изменения угла упреждения.

Вышесказанное относилось к цели, летящей прямо с постоянной скоростью. Для лучшего понимания влияния маневрирования цели на угол упреждения, допустим, что атакующий находится прямо позади противника в момент выстрела, но перед TOF цель начинает поворачивать вправо или влево. Если стрелок не использовал упреждение (потому, что в момент выстрела пересекающая скорость цели была нулевой), снаряды могут пройти позади неприятельского самолёта. Боковое ускорение цели (радиальная перегрузка) обычно придаёт цели некоторую пересекающую скорость, что требует корректировки угла упреждения. Величина исправления очень чувствительна к перегрузке цели около передней или задней части TAA, но в меньшей степени зависит от манёвра (и в большей степени от скорости цели) около траверза, когда цель поворачивает в направлении на/от атакующего.

Движение и маневрирование цели также влияют на дистанцию. Если TOF и гравитационное снижение, угол упреждения и т.д. были рассчитаны для позиции 1 (рис. 1-1), любой манёвр цели в течение TOF может свести эти расчёты на нет и, как следствие этого, промах.

Последняя сложность в артиллерийском пушечном бою - это движение непосредственно самолёта-стрелка. Точное вычисление баллистики зависит от знания истинной скорости снаряда при покидании ствола. Она суммируется из воздушной скорости самолёта и начальной скорости снаряда. Маневрирование атакующего самолёта также существенно влияет на результат стрельбы. Изменение угла атаки, занос в сторону и т.д. изменяют положение линии стрельбы, или направление ствола GBL (Gun-Bore Line). Движение, переданное снаряду вращающимся стволом, силы, возникающие при маневрировании приводят к тому, что фактическая траектория снаряда может не совпадать с GBL. Совокупность этих факторов именуется траекторным скачком и подразумевает любое угловое различие между GBL и начальной траекторией.

Когда все эти факторы вступают в игру, поразительно, что пушка попадает в цель, особенно когда для пилота величины большинства из них неизвестны. Неудивительно, что наиболее эффективной методикой является следующее: "заполнить лобовое стекло целью и распороть её". Трассирующие снаряды, появившиеся в период Первой Мировой также были большой помощью лётчику, т.к. он мог видеть траекторию и корректировать её.

Однако трассирующие боеприпасы имеют и обратную сторону. В случае промаха они раскрывают нападающего, что позволяет атакованному предпринять соответствующие меры для защиты. Поэтому рекомендуется применять их для тренировки воздушного стрелка, чтобы он мог запомнить, как ведут себя трассы и их рассеивание. Время горения трассировщика соответствует TOF. Для боевого применения трассировщики заряжаются через определённое количество обычных снарядов (каждый пятый, например), чтобы в воздухе была не сплошная горящая трасса, а только несколько светящихся точек.

Трассировщики, используемые в системе, не оборудованной счётчиком патронов, могут предупреждать пилота об истощении боезапаса. Для этого в конце ленты заряжаются несколько трассирующих снарядов. Однако для наблюдательного противника это тоже может быть сигналом, что враг безоружен. Следовательно, предпочтительнее индикаторы, действующие по другому принципу.

Баллистика трассирующих боеприпасов ненамного отличается от баллистики обычных снарядов, траектории тоже различаются не настолько, чтобы ввести пилота в заблуждение, особенно при стрельбе длинными очередями. Однако трудности по глубине восприятия могут делать оценку трассировщиков не однозначной. С появлением эффективных прицельных систем недостатки трассирующих боеприпасов стали перевешивать их преимущества. Эффективный прицел значительно облегчает лётчику его трудную задачу.

Оптические прицелы

Ранние прицелы были достаточно однообразны и, в большинстве своём, состояли из кольца и мушки. Кольцо (или концентрические кольца) с поперечными скобами устанавливалось у передней части пулемёта, а вертикальная стойка - у задней, ближе к пилоту (иногда наоборот). Прицеливание осуществлялось совмещением кончика вертикальной стойки с центром кольца. Кольца были подобраны так, что по соотношению кольца и изображения самолёта в плане можно было определить расстояние до цели: пилот знал, что противник находится в максимальной зоне поражения, если размах крыла неприятельского самолёта перекрывает больше половины его прицела. С помощью кольца можно было определить угол упреждения. Для цели, летящей прямо, с постоянной скоростью и на известной дальности, угол упреждения грубо равен TAA. Если цель летела непосредственно на/от стрелка, достаточно было небольшой коррекции на гравитационное искривление траектории. Однако при атаке на пересекающихся курсах, надо было учитывать необходимое упреждение. Также необходима коррекция с учётом кривизны траектории, маневрирования цели и атакующего, сноса и т.д.

Режимы стрельбы, требующие увеличения углов упреждения, в основном, как результата больших углов от носовой или хвостовой части цели, называются режимами с "высоким упреждением", а искусство поражения целей в таких случаях - упреждающей стрельбой.

Главным фактором, влияющим на точность при стрельбе с прицелами такого типа, является голова пилота. От её положения зависит перекрытие цели кольцом прицела: наклон головы вперёд увеличивает конус обзора в данном диапазоне. Это называется углом схождения и измеряется в градусах или, обычно, в милах (мил - одна тысячная дюйма; 1 град. - 17.5 милов). Мил характеризует размер объекта длиной 1 фут, наблюдаемый с расстояния в 1000 футов. На этом расстоянии цель с размахом крыльев 35 футов будет иметь угловой размер 2град. (35 милов), с расстояния 2000 футов - и 1 град. Следовательно, изменение положения головы пилота может повлечь за собой значительные ошибки в прицеливании. Для устранения этой проблемы применялись подголовники, позволявшие пилоту зафиксировать голову во время прицеливания. В период между Мировыми войнами появились оптические прицелы, подобные прицелам снайперских винтовок. Они представляли из себя трубу и требовали определённого положения головы пилота для прицеливания или просмотра.

Затем появились оптические прицелы рефлекторного типа: один или несколько концентрических световых кругов, проецируемых на комбинированное стекло, через которое осуществлялось прицеливание.

Комбинированное стекло было прозрачным. Фокусное расстояние приближалось к бесконечности, что позволяло наблюдать прицел и цель одновременно, а также устраняло изменения углового размера изображения в прицельном кольце в зависимости от положения головы пилота. По положению цели в кольцах прицела попрежнему можно было определять дистанцию и угол упреждения.

Некоторые прицелы оборудовались устройствами, выводившими на стекло световые полоски, которые могли перемещаться к/от центру прицела, чтобы захватывать размах крыльев различных целей на максимальной и оптимальной дальности. Центр в таких прицелах представлял из себя световое пятно или крестик и назывался "pipper".

Оптические прицелы описанного типа предоставляли ненамного больше информации, чем обычные прицелы вида "кольцо-мушка". Лётчик-истребитель нуждался в большей помощи, особенно для атаки с большими углами упреждения. И такая помощь пришла с появлением гироскопический оптический прицел с автоматическим вычислением угла упреждения (giroscopic lead-computing optical sight - LCOS). Такие прицелы начали ставить американцы после 1942 года.

Он состоял из трёх основных элементов - индикатора вида, гироскопического датчика и вычислителя. Атакующий пилот помещал изображение цели в центр (или ближе к центру) прицела, одновременно подгоняя метки к размаху крыльев специальным устройством, которое, когда цель была выбрана, разрешал вычислителю определить дистанцию. Любые перемещения атакующего самолёта регистрировались гироскопическим датчиком и тоже

передавались в вычислитель. Как только УЦ и дальность становились известны, вычислитель определял требуемый угол упреждения. Гироскоп мог также определить положение атакующего самолёта в воздухе, что позволяло вычислителю определить направление и величину гравитационного искривления траектории для данной дистанции. Все эти поправки отображались с помощью прицельного оборудования, которое заставляло двигаться картинку прицела против направления движения линии взгляда (LOS). Чтобы продолжить сопровождение цели пилот должен был исправлять прицеливание в соответствующем направлении для корректировки УУ (угла упреждения). Например, если вычислитель рассчитывал, что необходим большой УУ, "pipper" скользил к задней части цели, заставляя пилота перемещать линию прицеливания несколько вперёд, тем самым обеспечивая необходимое исправление УУ.

Таким образом система прицеливания пыталась предсказать последующие изменения ЛВ и УЦ (угла цели) через время, равное ВП (времени полета, TOF) снаряда, выстреленного в данный момент. ВП, в свою очередь, зависит от условий стрельбы (высоты и скорости атакующего) и расстояния, которое должен преодолеть снаряд. Изменение этого расстояния также должно было быть просчитано.

Вычислитель должен был обрабатывать информацию, основанную на достоверности данных, поступавших в него. С учетом не только текущих изменений значений параметров (ЛВ, дистанция и т.д.), но и скорости изменения этих значений.

Непрерывный и последовательный (плавный) поток информации значительно повышал точность вычислений. Резкие манёвры служат источником ложной информации и, как следствие, значительных ошибок в вычислениях. Каждый вычислитель имел также некоторое время, известное как "время стабилизации", прежде чем начинал вычисления, основанные на новых данных. Быстрые изменения входных данных могли вызвать беспорядочные движения pipper'а, делая прицел неработоспособным.

"Вы можете иметь баллистический вычислитель или что-то еще, что вам нравится, но я думаю, что надо приближаться к врагу на очень близкое расстояние и поражать его из непросматриваемой зоны. Вы сваливаете его вблизи. На большом расстоянии это проблематично."

Полковник Эрик "Буби" Хартман, Люфтваффе.
352 победы во Второй Мировой Войне.

Следующим шагом в совершенствовании прицелов было применение радаров.